

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Разработка модуля «электроклапан – блок управления» для системы жизнеобеспечения подвижных объектов</b>

УДК 629.048.4-026.661

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1AM82	Шарпаев Илья Вадимович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭИ	Дмитриев В.С.	Д.Т.Н., профессор		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер-конструктор АО «НПЦ «Полус»	Старостин А.Л.			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭИ	Солдатов А.И.	Д.Т.Н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Солдатов А.И.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

<b>Магистерской диссертации</b> (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
---

Студенту:

Группа	ФИО
1AM82	Шарпаев Илья Вадимович

Тема работы:

<b>Разработка модуля «электроventильатор – блок управления» для системы жизнеобеспечения подвижных объектов</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 44-38/с от 13.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2020
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – электроventильатор и модуль блока управления (счетчик времени наработки часов). Требования к электроventильатору: улучшенные виброшумовые характеристики. Требования к электронному модулю: повышенная долговечность, минимизация габаритов, устойчивость к воздействиям внешней среды, а именно повышенная влажность, высокая температура.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Аналитический обзор литературных источников, патентов, журналов, статей, сайтов производителей;</li> <li>– Разработка конструкции электроventильатора;</li> <li>– Проведение анализа воздушных потоков;</li> <li>– Разработка электронного модуля счетчика;</li> <li>– Разработка сопутствующей КД;</li> <li>– Заключение по работе</li> </ul>

работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	– Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; – Написание раздела «Социальная ответственность».
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	Схема электрическая принципиальная, сборочный чертеж ПП, сборочный чертеж счетчика времени, спецификация, перечень элементов схемы.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Аналитический обзор	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	04.02.2020
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Дмитриев Виктор Степанович	д.т.н. профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1AM82	Шарпаев Илья Вадимович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электронной инженерии

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	9 июня
--	--------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20 февраля	Обзор научной литературы по теме	10
15 марта	Выбор конструкторско-кинематической схемы электроventилятора	5
30 марта	Разработка конструкции электроventилятора	20
20 апреля	Разработка модуля счетчика времени	20
10 мая	Разработка конструкторской документации	20
25 мая	Составление доклада и оформление расчетно-пояснительной записки	20
3 июня	Корректировка ВКР по результатам обсуждения на защите	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭИ	Дмитриев Виктор Степанович	д.т.н., профессор		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭИ	Солдатов Алексей Иванович	д.т.н.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1AM82	Шарпаев Илья Вадимович

ШКОЛА	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Электроника и наноэлектроника

**Тема дипломной работы: «Разработка модуля «электроклапан - блок управления» для системы жизнеобеспечения подвижных объектов»**

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Комплекс оборудования для измерения и коррекции момента нагрузки на валу двигателя. Работы проводились на базе АО НПП «Полус».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов <ul style="list-style-type: none"> <li>– Природа воздействия</li> <li>– Действие на организм человека</li> <li>– Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов)</li> <li>– СИЗ коллективные и индивидуальные</li> </ul> 1.2. Анализ выявленных опасных факторов : <ul style="list-style-type: none"> <li>– Термические источники опасности</li> <li>– Электробезопасность</li> <li>– Пожаробезопасности</li> </ul>	Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Недостаточная освещенность; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ;</li> <li>– Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</li> <li>– Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</li> <li>– Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</li> <li>– Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ;</li> </ul> Опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R<sub>заземления</sub>, СКЗ, СИЗ;</li> <li>– Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.</li> </ul>

<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Выбросы в окружающую среду</li> <li>– Решения по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, оргтехника,) и способы их утилизации;
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
<b>4. Перечень нормативно-технической документации.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ГОСТ 12.0.003-2015;</li> <li>– СанПиН 2.2.2-2.4.1340-03;</li> <li>– СП 52.13330.2011;</li> <li>– ГОСТ 12.1.038-82;</li> <li>– СНиП 23-05-95;</li> <li>– ГОСТ 12.4.001-89;</li> <li>– СП 12.13130.2009</li> <li>– ГОСТ Р 22.0.02-2016.</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	26.02.2020 г.
---	---------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		26.02.20 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1АМ82	Шарпаев Илья Вадимович		26.02.20 г.

**Задание согласовано (Дата)**

**27.05.2020**

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1AM82	Шарпаеву Илье Вадимовичу

Школа	ИШНПТ	Отделение	Отделение материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроника и наноэлектроника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с научной литературой и патентами, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НТИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
<i>2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
<i>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок.</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ</i>
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности исследования</i>
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	
<i>1. Оценка конкурентоспособности технических решений.  2. Матрица SWOT.  3. График проведения НТИ.  4. Определение бюджета НТИ.  5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ.</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>31.01.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		31.01.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1AM82	Шарпаев Илья Вадимович		31.01.2020



## Результаты обучения

Код	Результат обучения
P1	Использовать результаты освоения фундаментальных и прикладных дисциплин ООП магистратуры; понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения; демонстрировать навыки работы в научном коллективе, порождать новые идеи;
P2	Анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников; определять цели, осуществлять постановку задач проектирования приборов нанoeлектроники, схем и устройств различного функционального назначения с использованием современной элементной базы нанoeлектроники, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ
P3	Формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.
P4	Осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение.
P5	Делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научно-технические отчеты, обзоры, рефераты, публикации по результатам выполненных исследований, доклады на научные конференции и семинары, научные публикации в центральных изданиях и заявки на изобретения
P6	Работать в качестве преподавателя в образовательных учреждениях среднего профессионального и высшего профессионального образования проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров, разрабатывать учебно-методические материалы для студентов по отдельным видам учебных занятий
P7	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. использовать иностранный язык в профессиональной сфере, владеть способностью адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности.
P8	Участвовать в проведении технико-экономического и функционально-стоимостного анализа рыночной эффективности создаваемого продукта
P9	Способность к активному общению с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности, готовностью оформлять,

	представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы
P10	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов
P11	Обладать способностью к самостоятельному обучению новым методам исследования, адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности
P12	знать современные системы автоматизированного проектирования электронных схем
P13	Анализировать возможные схемные, конструктивные решения и эффективность их функционирования, работать с современными системами автоматизированного проектирования и системами электронного документооборота, использовать нормативные правовые акты, справочные материалы
P14	Проводить разработку, внедрение и вырабатывать рекомендации по технологическим процессам, программам выпуска изделий микроэлектроники; уметь разрабатывать функциональное описание, техническое задание, комплект конструкторской документации на создание микро и nano размерных электромеханических систем.
P15	Сопровождать работы по изготовлению механотронных и микро и nano размерных электромеханических систем, контролируя требования технического задания, разрабатывать маршрут изготовления микро и nano размерных электромеханических систем с сопровождением производственного цикла изготовления данных систем и проведением экспериментальных исследований по модернизации технологического маршрута их производства.

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 135 с., 35 рис., 38 табл., 23 источника, 6 прил.

Ключевые слова: электроventильатор, шум, вибрация, микроконтроллер, индикатор, счетчик времени наработки часов.

Объектом исследования является электроventильатор.

Цель работы – разработка электроventильатора с улучшенными виброшумовыми характеристиками, а также разработка электронного модуля счетчика времени наработки часов.

В процессе исследования проводились: исследования в области уменьшения вибрации и шумов, анализ воздушного потока в ventильаторе, разработка электронного модуля.

В результате исследования был разработан электроventильатор, его 3D модель, электронный модуль и соответствующая конструкторская документация.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: электроventильатор – 200 Вт, частота вращения 3000 об/мин, электродвигатель с магнитной сборкой Halbach, тип электроventильатор – канальный; счетчика времени – электронный, размеры 65x75 мм.

Степень внедрения: опытный образец.

Область применения: системы жизнеобеспечения подвижных объектов.

Экономическая эффективность/значимость работы: индекс доходности  $PI=1,51$  (с. 72), Так как  $PI>1$ , то проект является эффективным.

## **Обозначения и сокращения**

ДПР – датчик положения ротора;

ЖК – жидкокристаллический;

ЖКИ – жидкокристаллический индикатор;

ИСР – иерархическая структура работ.

КПД- коэффициент полезного действия;

МК – микроконтроллер;

ПМС – полиметилсилоксан;

ПП – печатная плата;

САПР – система автоматизированного проектирования;

ЭО – элемент отображения;

ЭРИ – электрорадиоизделия;

3D - three dimensional (трехмерный);

CAD - computer aided design.

## Содержание

Введение .....	15
1 Литературный обзор.....	17
1.1 Электродвигатели.....	17
1.2 Основные виды используемых электроventilяторов.....	19
1.3 Демпфирующие устройства.....	23
1.4 Индикаторы .....	24
1.5 Счетчики времени наработки часов .....	27
1.6 Конструкции печатных плат.....	28
2 Электроventilятор.....	30
2.1 Причины возникновения вибрации.....	30
2.2 Динамика вибрационного движения частей электроventilятора.....	31
2.3 Примененные способы минимизации шума и вибрации .....	33
2.4 Разработка конструкции и 3D модели электроventilятора .....	34
2.5 Анализ движения потока воздуха .....	38
3 Разработка электрической схемы счетчика времени наработки часов .....	42
3.1 Описание элементов схемы .....	42
3.2 Описание схемы .....	44
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение .....	47
4.1 Предпроектный анализ .....	47
4.2 Инициация проекта .....	59
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	61
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.....	72
5 Социальная ответственность .....	81
5.1 Производственная безопасность .....	81
5.2 Экологическая безопасность .....	101
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	102
Заключение .....	105
Приложение А .....	106

Приложение Б Перечень элементов .....	119
Приложение В Спецификация.....	121
Приложение Г Схема электрическая принципиальная .....	123
Приложение Д Сборочный чертеж ПП.....	124
Приложение Е Сборочный чертеж счетчика времени .....	131
Список публикаций студента .....	132
Список использованных источников .....	133

## **Введение**

На сегодняшний день электровентиляторы занимают значимую роль в жизни человека и техники. Они используются в одинаковой мере в гражданской и промышленной сферах, так как ни одно устройство не может обойтись без охлаждения. Так же стоит отметить необходимость в перемещении воздуха в системах кондиционирования и вентиляции, тем более в замкнутых пространствах, где отсутствует естественная вентиляция, например в космических аппаратах и подводных лодках.

При сегодняшнем уровне технического прогресса, для систем жизнеобеспечения подвижных объектов широко используются электродвигатели постоянного и переменного тока. Они могут быть как асинхронными, так и синхронными. И каждый тип имеет свои недостатки и преимущества, в сравнении друг с другом. Так же в них могут варьироваться типы комплектующих систем управления, необходимые для работы двигателя.

В последнее время, максимально используют двигатели с бесконтактной коммутацией обмоток, для этого используют датчики положения ротора (ДПР). ДПР могут быть трех видов, а именно магнитоиндукционный (то есть в качестве датчика используются сами силовые катушки или дополнительные обмотки), магнитоэлектрический (датчики, использующие эффект Холла) и оптоэлектрические (различные оптопары). И каждый из ДПР имеет свои положительные и отрицательные качества.

В бесконтактных электродвигателях в качестве элемента ротора используют постоянные магниты. Они могут быть ферритовыми или из сплава редкоземельных металлов.

Сегодня за рубежом «набирают обороты» двигатели, у которых в основе лежит физический эффект, реализуемый магнитной сборкой Халбаха.

Такие электродвигатели имеют высокие эксплуатационные характеристики при сравнительно небольших габаритах.

Давно известно, что части машин, подвергаясь периодическим воздействиям (вибрации), переменным во времени, то есть совершая колебания,

часто выходят из строя, до появления заметных остаточных деформаций. Подобные разрушения происходят при усилиях, даже меньше тех, при которых конструкция работает нормально при статических нагрузках. [1]

Проблема борьбы с вибрацией обусловлена не только из-за преждевременного выхода оборудования и деталей из строя, но и пагубным влиянием на физиологию человека, порой приносящим вред здоровью. Так же снижение шума и механических вибраций требует и военно-тактические цели, так как одним из способов обнаружения подводных лодок является эхолокационный метод сканирования.

Таким образом, объектом исследования в данной работе является основной источник механических колебаний и шума в электроventильаторах – электродвигатель.

Целью ВКР является проектирование электроventильатора, который будет иметь улучшенные виброшумовые характеристики, для использования в системах жизнеобеспечения подвижных объектов.

Для реализации цели решается задача применения способов снижения вибрация и шума. И дополнительно решается задача уменьшения массогабаритных характеристик электродвигателя.

Теоретическая значимость работы заключается в аналитическом анализе и технических решений по вышеуказанной проблеме.

Практическая значимость работы заключается в применение разработанных, а также используемых ранее решений для реализации более совершенного варианта электроventильатора по параметрам, рассматриваемых в данной работе.



# 1 Литературный обзор

## 1.1 Электродвигатели

Электродвигатель – устройство для преобразования электрической энергии в механическое движение (вращение). Также, при некоторых режимах работы привода, электродвигатель способен осуществлять обратное преобразование, то есть механическую энергию в электрическую.

Электродвигатели могут создавать механическое движение как вращающиеся, так и линейные.

### 1) Коллекторные электродвигатели (рисунок 1.1)

В коллекторных электродвигателях одна или более обмоток соединена с коллектором и, соответственно, участвует в процессе преобразования энергии [2]. В таком электродвигателе коллекторный узел выполняет роль коммутационного устройства между источником тока и обмотками.

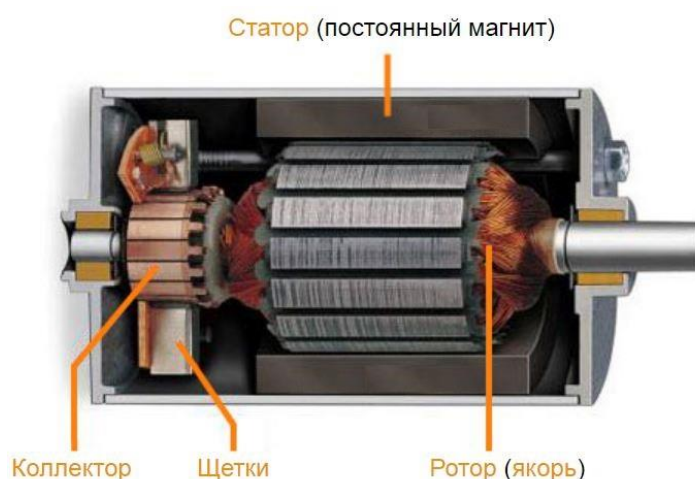


Рисунок 1.1 – Коллекторный электродвигатель

Щеточные электродвигатели обладают следующими положительными качествами:

- Сравнительно невысокая стоимость.
- Относительно простая конструкция.
- Более простой процесс технического обслуживания.

Но, соответственно, имеют и минусы.

- Недолговечность щеточного узла.
- Появление искр и дыма.

- Повышенный физический и электромагнитный шум.

## 2) Бесщеточные электродвигатели

Такой тип электрических машин отличается от коллекторных тем, что для коммутации обмоток используются датчики положения ротора (ДПР) [2]. ДПР может быть магнитоиндукционным, магнитоэлектрическим и оптоэлектрическим.

Основным плюсом таких двигателей является, как было упомянуто выше, отсутствие коллекторного узла, но так же имеет и другие положительные качества:

- Улучшенные показатели массогабаритных характеристик.
- Уменьшенные потери на коммутацию.
- Уменьшенный шум.
- Улучшенная характеристика взрывобезопасности.
- Более высокий КПД.

Но и конечно, он имеет и минусы, такие как:

- Более сложная система управления.
- Относительно высокая стоимость.

Бесщеточные электродвигатели так же могут подразделяться по принципу работы на асинхронный и синхронный.

У асинхронной электрической машины принцип действия заключается в том, что ток в обмотках статора создает вращающееся магнитное поле. Это поле, в свою очередь, наводит в роторе ток, который, взаимодействуя с магнитным полем, создает вращающееся движение ротора. Как видно из названия – магнитное поле вращается быстрее, чем ротор (асинхронное движение).

Принцип действия синхронного электродвигателя заключается во взаимодействии вращающегося магнитного поля статора с полем постоянных магнитов ротора.

## 1.2 Основные виды используемых электровентиляторов

На сегодняшний день в системах кондиционирования и вентиляции применяются следующие типы электровентиляторов:

- Осевые (рисунок 1.2). Данный электровентилятор имеет некоторые достоинства, такие как простая конструкция и дешевизна производства, но при это имеет низкую эффективность, но при использовании некоторых конструктивных доработок, например встраивание в цилиндрический корпус и подобные, может показать большую эффективность перемещения воздуха. В таком типе вентилятора воздух движется вдоль оси вращения лопастей. Область применения данного типа электровентиляторов довольно обширна.

Рисунок 1.2 – Осевой электровентилятор



- Центробежные или радиальные вентиляторы (рисунок 1.3). Такой тип вентиляторов, в основном, используется в промышленности, а также в бытовых системах кондиционирования. Особенность таких вентиляторов заключается в том, что воздух движется во входной коллектор входит параллельно оси вращения крыльчатки, но выбрасывается перпендикулярной к ней (оси).



Рисунок 1.3 – Радиальный вентилятор

- Диагональные вентиляторы. Такой тип электровентилятора является комбинацией центробежных и осевых вентиляторов. В них движение воздуха происходит параллельно оси вращения крыльчатки, а затем, с помощью лопастного колеса, отклоняется на 45 градусов, при этом поток воздуха значительно усиливается.
- Диаметральные вентиляторы (рисунок 1.4). В таких вентиляторах конструкция напоминает беличье колесо. Всасывание воздуха в них происходит с торцевых отверстий, далее поток воздуха выбрасывается в нижнюю часть с увеличенной скоростью.



Рисунок 1.4 – Диаметральный вентилятор

Так, например, отечественный производитель, поставляющий продукцию для оборонных и космических целей государства, АО «НПЦ «Полюс», предлагает электроventильаторы с бесщеточным электродвигателем постоянного тока [3]. Электродвигатель имеет характеристики, такие как: мощность 200 Вт, частота вращения 3000 об/мин, габаритные размеры 320x350 мм, масса 18,2 кг. В данном электродвигателе используется магнитоиндукционный датчик положения ротора, что существенно влияет на массу и габариты изделия. Уровень шума ventильатора в сборе находится в пределах 55 дБ. На рисунке 1.5 показан данный электроventильатор.



Рисунок 1.5 – Электроventильатор постоянного тока PSS1 (АО «НПЦ «Полюс»)

Так же на рынке данной продукции ООО «Завод ВЕНТИЛЯТОР» предлагает следующий вариант электроventильатора «Радиальный ventильатор ВР 80-75», который имеет характеристики: мощность 120 Вт, частота вращения 1500 об/мин, масса в сборе 22 кг, суммарный уровень шума 67 дБ. Данный уровень шума является слишком высоким и непригоден для использования для применения на подводных судах [4]. На рисунке 1.6 представлен ventильатор данного производителя.



Рисунок 1.6 – Радиальный электровентилятор (ООО «Завод ВЕНТИЛЯТОР»)

Итальянский производитель «Motive srl Italy» выпускает электродвигатель для вентиляционных систем со следующими показателями: мощность 180 Ватт, частота вращения 1000 об/мин, вес 6 кг, уровень шума 51 дБ [5]. Стоит заметить, что разработанный ранее электродвигатель в ВКР бакалавра имеет характеристики лучше.

Швейцарская компания «Östberg» предлагает электровентилятор СК 315В (рисунок 1.7), мощность которого равна 190 Вт, частота вращения лопастей 2500 об/мин, максимальный диаметр 402 мм (с корпусом), вес 6,5 кг, общий уровень шума 56 дБ [6].



Рисунок 1.7 – Электровентилятор СК 315В компании «Östberg»

### 1.3 Демпфирующие устройства

Снижение вибрации и вследствие шума не может обойтись без демпфирующего устройства. Ниже представлены основные способы снижения вибрации.

- Пружинные опоры (рисунок 1.8). Основным виброгасящим телом данной опоры является металлические винтовые пружины, а также упругие прокладки.



Рисунок 1.8 – Пружинные виброизоляторы

Такой тип виброизолятора способен выдерживать довольно большие нагрузки, при этом значительное время сохраняют свои упругие свойства, не подвержены сильному влиянию механических воздействий и температур. Однако, высокие частоты вибрации таким типом изолятора демпфировать не представляется возможным.

- Слой упругого материала (рисунок 1.9), который помещается между виброизлучающим элементом и его опорой.



Рисунок 1.9 – Резинометаллический виброизолятор

Резиновый буфер имеет обширное применение в приборах, в которых используются электрические машины. Данный тип виброизолятора имеет высокие антикоррозийные свойства, прост в изготовлении, а также с легкостью устанавливается и демонтируется с устройства. Но такой виброизолятор имеет узкую полосу частот демпфирования, поэтому появляется необходимость подбора индивидуальных изоляторов для каждого типа устройства.

- Гидравлический поршневой демпфер (рисунок 1.10).

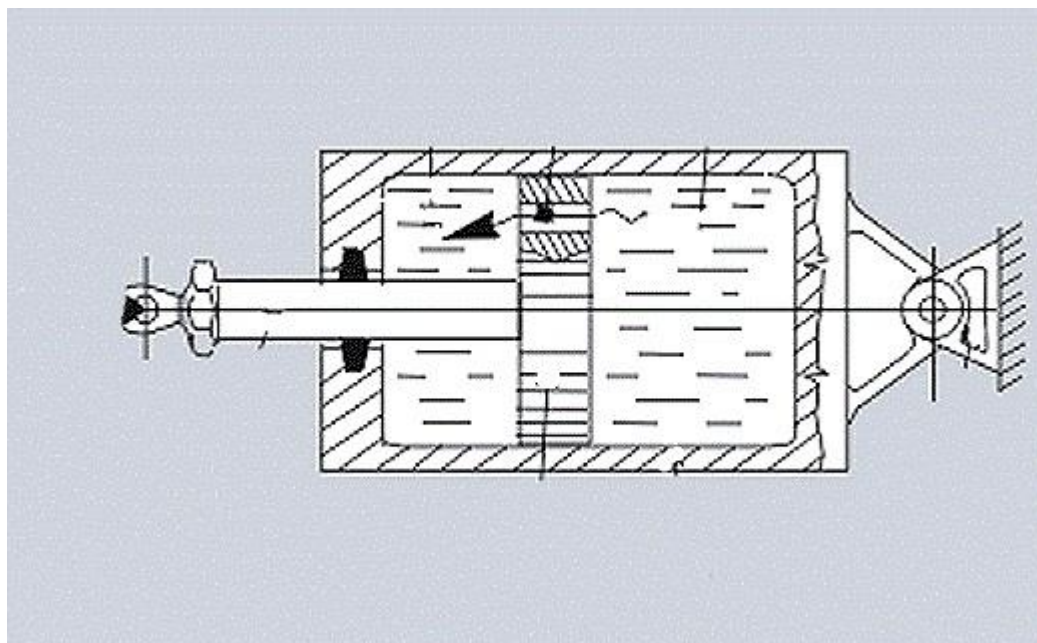


Рисунок 1.10 – Гидравлический демпфер

Такой демпфер представляет собой поршень в цилиндрическом корпусе, наполненный демпфирующей жидкостью. Особенностью его является широкая полоса частот демпфирования и широкий диапазон рабочей температуры.

## **1.4 Индикаторы**

### **1.4.1 Дискретные индикаторы**

В таком типе полупроводниковых индикаторов, как дискретные, в информационном поле которого находятся отдельные элементы отображения (ЭО), с помощью которых формируется изображения, используя один или несколько элементов отображения (рисунок 1.11) [7].





Рисунок 1.11 – Дискретный индикатор (а – матричный, б – семисегментный)

Существует два режима работы данных индикаторов – статический и динамический.

В статическом режиме индикации отображение изменяется только во время обновления информации, при этом все ЭО работают одновременно.

При использовании динамической индикации, разные элементы включаются в разные периоды кадра. Но необходимо задавать такую частоту обновления информации, чтобы частота кадра была больше критической частоты мелькания.

Критическая частота мелькания – минимальная частота вспышек, при которой создается ощущение непрерывного свечения.

#### 1.4.2 Вакуумные люминесцентные индикаторы (ВЛИ)

ВЛИ является электровакуумным прибором, которые работают по принципу электронной лампы (рисунок 1.12). Несмотря на то, что такой индикатор является радиолампой, его не принято считать устаревшим, так как применение таковых довольно обширно [7].



Рисунок 1.12 – Вакуумный люминесцентный индикатор

В ВЛИ формирование изображение осуществляется мультиплексным или статическим способом. При статическом методе сигналы подаются на определенные аноды-сегменты, которые необходимы для создания изображения, при этом все изображение формируется одновременно. При мультиплексном способе формируется не все изображение полностью, а отдельные элементы.

#### **1.4.3 Жидкокристаллические (ЖК) индикаторы**

ЖК индикатор на сегодняшний день является практически самым распространённым типом индикатора (рисунок 1.13).

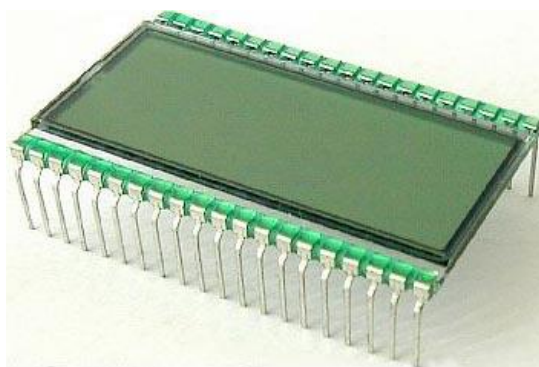


Рисунок 1.13 – ЖК индикатор

ЖК индикаторы, в отличие от активных приборов, управляют прохождением светом, а не генерируют его. Что конечно же сделало ЖКИ экономичными в потреблении мощности.

Наиболее желательным методом возбуждения жидкокристаллических индикаторов является возбуждение переменным током. Это обусловлено тем, что долговечность ЖКИ, который работает на переменном токе, на порядок выше, чем на постоянном.

Особенность таких индикаторов заключается в том, что для материала ЖКИ характерна инерционность, что отображается на времени включения (примерно 10-20 мс) и выключения, время которого на порядок выше, чем включения [7].

#### **1.4.4 Газоразрядные индикаторы**

В таких приборах используется тлеющий разряд для отображения информации. Самым распространённым индикатором такого типа, является знаковый индикатор (рисунок 1.14).

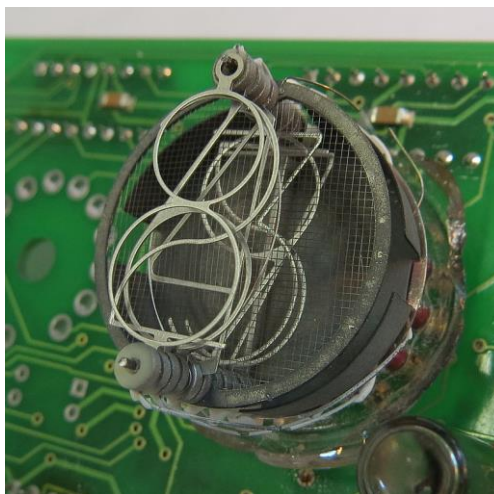


Рисунок 1.14 – Знаковый газоразрядный индикатор

Для управления подобным индикатором необходимо использовать дешифратор с высоковольтным выходом [7].

#### **1.5 Счетчики времени наработки часов**

Счетчик времени наработки часов является довольно важным модулем разнообразного оборудования, будь то простейшее механическое устройство или сложное современное оборудование. Он служит для регистрации времени, которое проработало устройство и своевременного информирования о выработке ресурса и для прохождения очередного технического обслуживания или замены узлов и агрегатов.

На сегодняшний день используются следующие типы счетчиков:

- 1) Электромеханические – такой тип счетчиков времени включает в себя как механическую часть (в основном отображения показаний), так и электрическую.
- 2) Электронные – это полностью электронный механизм, в которых функционирование осуществляется с помощью электрических схем.

3) Цифровые – микропроцессорные устройства, имеющие миниатюрные габариты, использующие специальное программное обеспечение, которое позволяет выводить на экран более конкретизированную информацию о работе устройства или модуля.

## **1.6 Конструкции печатных плат**

На сегодняшний день, одним из самых востребованным методом создания электрических цепей является печатный монтаж, который реализуется в виде печатных плат (ПП). Печатные платы могут быть односторонними, двухсторонними и многослойными. Ниже рассмотрим классификация печатных плат.

1) Односторонние печатные платы. Они представляют собой проводящий рисунок, выполненный на одной стороне диэлектрического основания. Из-за того, что в таких платах ограничена площадь для трассировки, они используются лишь в простых устройствах вспомогательного или бытового назначения.

2) Двухсторонние платы. Такие платы имеют проводящий рисунок на двух сторонах печатной платы. Соединения между необходимыми проводниками двух сторон осуществляется с помощью металлизированных отверстий. Такой тип ПП позволяет осуществлять уже более сложные электрические схемы. Двухсторонние ПП изготавливаются как на диэлектрическом основании, что более предпочтительно, так и на металлическом.

3) Многослойные печатные платы. Такие платы представляют собой чередующиеся слои диэлектрического материала и проводящего рисунка. Между слоями по необходимости используют межслойные соединения, а именно они могут быть без межслойных соединений, с межслойными соединениями объемными деталями, с межслойными соединениями химико-гальванической металлизацией.

4) Гибкие печатные платы. Данный тип плат имеет гибкое основание, и в основном, изготавливаются двухсторонними, что позволяет изгибать плату в определенные формы.

5) Проводные платы. Они являются неким сочетанием двухсторонних ПП и объемного монтажа, то есть с использованием объемного монтажа (провода диаметром 0,1-0,2 мм) [8].

## **2 Электровентилятор**

### **2.1 Причины возникновения вибрации**

Электровентилятор является одним из основных источников шума и вибрации, поэтому улучшение виброшумовых характеристик является важнейшей задачей в проектировании систем кондиционирования и вентиляции подвижных объектов.

Механическая система, которая содержит в себе массы и упругие элементы, во время воздействия периодической или постоянной силы, несомненно будет введена в режим колебательного движения.

Такие периодические силы, которые воздействуют на электровентилятор во время его работы, вызывающие вибрационные колебания, не только имеют большой массив гармоник, но и различную техническую основу.

При использовании даже самого современного оборудования для балансировки невозможно добиться идеальной уравновешенности вращающихся элементов, от чего и возникают периодические вынуждающие силы. Следовательно, от которых и возникают вибрации на частоте вращения подвижных частей.

Более того, на опоры также могут действовать некоторые силы, обусловленные технологической погрешностью:

- Угловое смещение осей – осевая сила, действующая с частотой  $f_1$  (первая гармоника).
- Параллельное смещение осей – радиальная сила с частотой  $f_1$ .
- Неравножесткость оси – радиальная сила с частотой  $2f_1$ .

Одним из основных источников вибрации, а вследствие и шумов, являются шарикоподшипниковые опоры:

- Овальность внутреннего кольца – радиальная сила с частотой  $2f_1$ .
- Перекос внешнего кольца – осевая сила с частотой  $f_1$ .
- Повышенные зазоры – удары с частотой  $f_2 = \frac{D}{d_{ш}} f_1 z$ ,

где  $z$  – число шариков,

$D$  – диаметр наружного кольца,

$D_{ш}$  – диаметр шариков.

- Неуравновешенность сепаратора – сила с частотой  $f_3 = \frac{f_1 D}{2(D+d_{ш})}$ .

## 2.2 Динамика вибрационного движения частей электроventилятора

При вынужденных колебаниях механической системы с гармоническим возмущением технический интерес представляет установившаяся реакция этой системы на вышеуказанное возмущение.

Электроventилятор является слабодемпфированной механической системой, которую представим, как показано на рисунке 2.1.

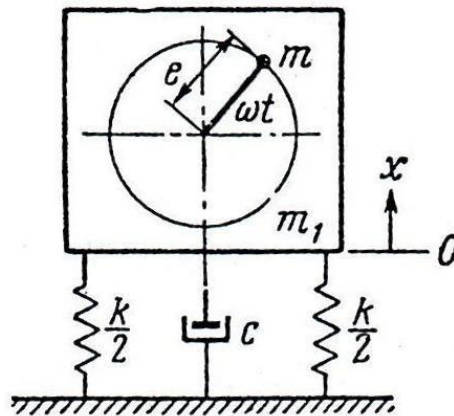


Рисунок 2.1 – Колебательная система

Следующим дифференциальным уравнением можно описать динамику движения представленной механической системы

$$m_1 \ddot{x} + kx = F_{\Sigma} \sin \omega t, \quad (2.1)$$

где  $m$  – масса электродвигателя;

$k$  – жесткость конструкции электродвигателя;

$F_{\Sigma}$  – сумма всех возмущающих сил.

Уравнение 2.1 показывает, что электроventилятор является генератором возмущающего движения (вибрации).

Решение такого дифференциального уравнения общеизвестно

$$x = A_1 \cos \omega_c t + A_2 \sin \omega_c t + \frac{F_\Sigma}{(1-r^2)k} \sin \omega t, \quad (2.2)$$

где  $\omega_c$  – собственная частота;

$\omega$  – частота вынужденных колебаний;

$A_1$  и  $A_2$  – произвольный коэффициенты;

$$r = \frac{\omega_c}{\omega}.$$

Принимая начальные условия  $x(0) = x_0$ ;  $\dot{x}(0) = \dot{x}$ , получаем общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения 2-го порядка

$$x = x_0 \cos \omega_c t + \left( \frac{\dot{x}_0}{\omega_c} - \frac{F_\Sigma}{(1-r^2)k} r \right) \sin \omega_c t + \frac{F_\Sigma}{(1-r^2)k} \sin \omega t \quad (1.3)$$

Первые два члена уравнения описывают переходное движение, а третий член описывает установившуюся реакцию.

Таким образом, можем представить в виде графика установившуюся реакцию (рисунок 2.2).

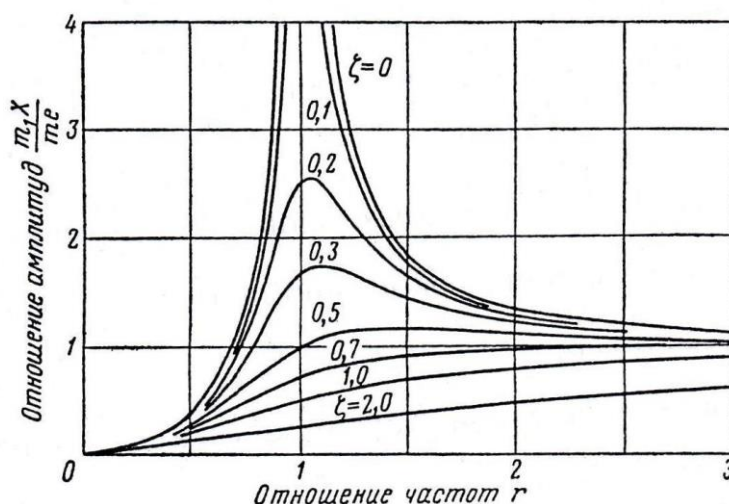


Рисунок 2.2 – Установившаяся реакция на возмущение системы

Исходя из выше представленного графика, понятно, что амплитуда колебаний зависит от отношения собственных частот и вынужденных колебаний и коэффициента демпфирования  $\xi$ .

Соответственно, необходимо добиваться максимального коэффициента демпфирования при проектировании [9].



## 2.3 Примененные способы минимизации шума и вибрации

Помимо способов уменьшения шума, которые были применены при проектировании электродвигателя, описанного в ВКР бакалавриата, необходимо обеспечить как минимум еще один каскад демпфирования.

Для осуществления дополнительного каскада виброзащиты, было решено использовать поршневую демпфирующую опору (рисунок 2.3), состоящей из четырех поршневых конструкций, крепящих двигатель к корпусу электроventилятора.

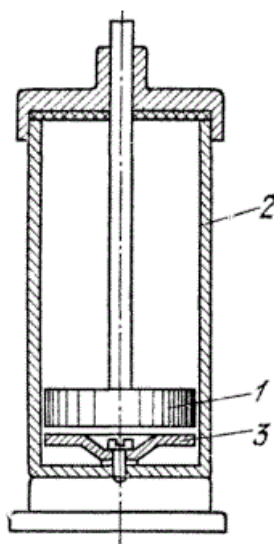


Рисунок 2.3 – Поршневой демпфер

При движении поршня 1 в цилиндре 2, заполненном вязкой жидкостью, производится торможение. Так как поршень 1 в крайнем положении прилегает к упорной пластинке 3, то при движении поршня вверх в первый момент преодолевается сила сцепления слоя жидкости, заключенного между поршнем и пластинкой, благодаря чему сила торможения в этот момент возрастает.

В качестве демпфирующей жидкости предлагается использовать полиметилсилоксановую жидкость (ПМС 50-200). Она обладает следующими полезными свойствами:

- Практически неизменяемые физические свойства при перепаде температур от минус сорока градусов до двухсот градусов Цельсия.
- Гидрофобность.

- Хорошие диэлектрические свойства.
- Не имеет запахов.
- Демпфирование на широком диапазоне частот.
- Высокая температура вспышки.

Помимо демпфирующих приспособлений, для уменьшения общего шума, исходящего от вентилятора, целесообразно применить шумоизолирующие и шумопоглощающие материалы, по типу «ШумOFF».

### 2.4.1 Электродвигатель с магнитной сборкой Халбах

В электроклапане используется электродвигатель (рисунок 2.6 позиция 4) с магнитной сборкой Halbach (Халбах), который был разработан в рамках ВКР бакалавриата.

Суть такой сборки заключается в том, что при определенном расположении полюсов постоянных магнитов, появляется такой эффект, при котором с одной стороны сборки магнитное поле увеличивается практически в два раза, в отличие от обычного расположения магнитов, в то время как с другой поле практически нулевое, так как магнитные линии замыкаются на самих магнитах.

Для того, чтобы подтвердить вышесказанное, был проведен анализ в САПР Elcut, результаты которого представлены на рисунках 2.8а.

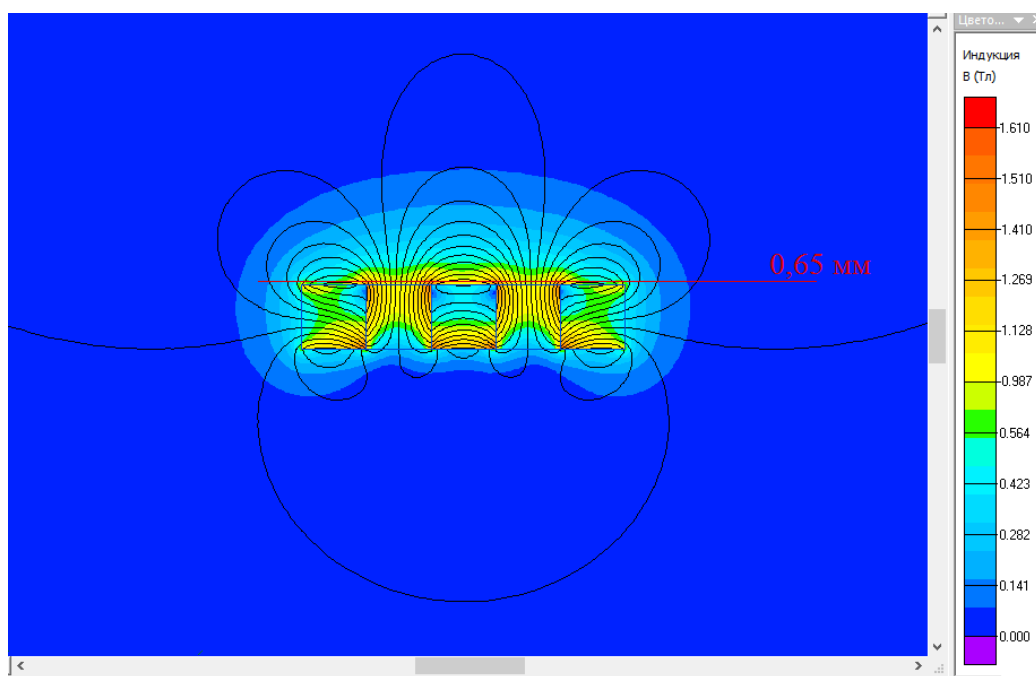


Рисунок 2.8а – Результат моделирования магнитного поля сборки Халбах

По рисунку 2.8а видно, что индукция составляет от 1.1 до 1.3 Тл, при обычном расположении магнитов этот показатель равен примерно 0,6 Тл.

Таким образом, представляется возможность уменьшить габариты электродвигателя, при том же показателе мощности, либо увеличить мощность при тех же размерах.

## **2.5 Анализ движения потока воздуха**

### **2.5.1 Анализ первоначальной конструкции**

Так как лопастное колесо является радиальным, то необходимо учесть закручивание воздуха по длине канала вентилятора. Это явление уменьшит массовый расход воздуха и снизит скорость потока, что отрицательно повлияет на полезные характеристики электровентилятора. Также появятся дополнительные шумы из-за завихрения потоков, что может вовсе привести к, так называемому, срыву потока. Поэтому было решено провести анализ потока воздуха и при возможности применить способы устранения такого пагубно влияющего явления.

Срыв потока – неконтролируемое нарушение баланса процессов ламинарного и турбулентного характеров в движении газа (жидкости) относительно обтекаемого тела.

Для анализа движения потока используется CAD система под названием SolidWorks с добавлением Flow simulation. Данный САПР позволит наглядно увидеть линии потока воздуха, проанализировать его и предложить пути решения проблемы.

На рисунке 2.9-2.10 представлена диаграмма потока воздуха в воздуховоде вентилятора без использования спрямляющих лопаток.

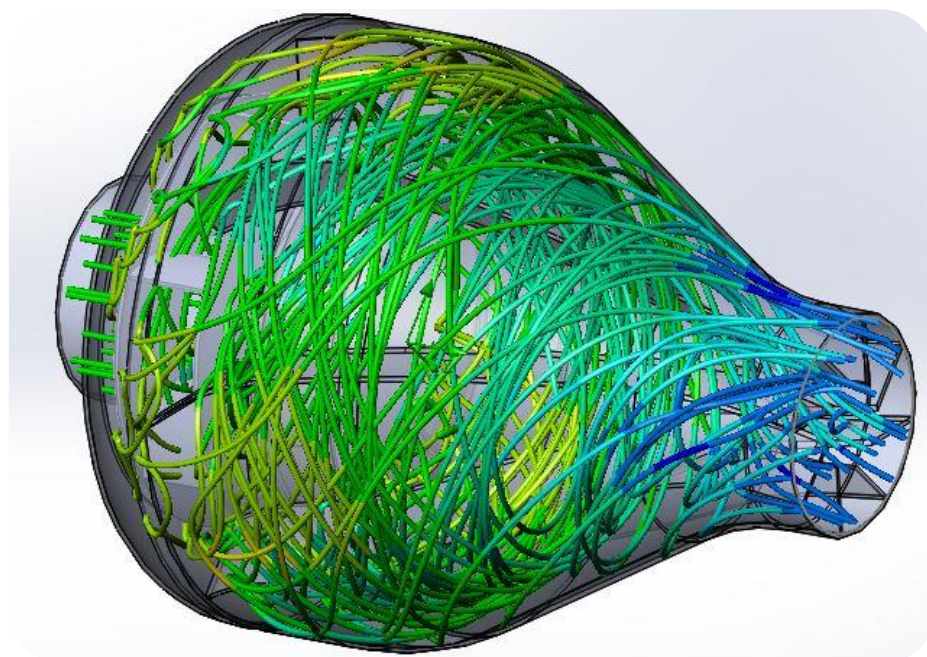


Рисунок 2.9 – Симуляция движения воздуха в канале вентилятора

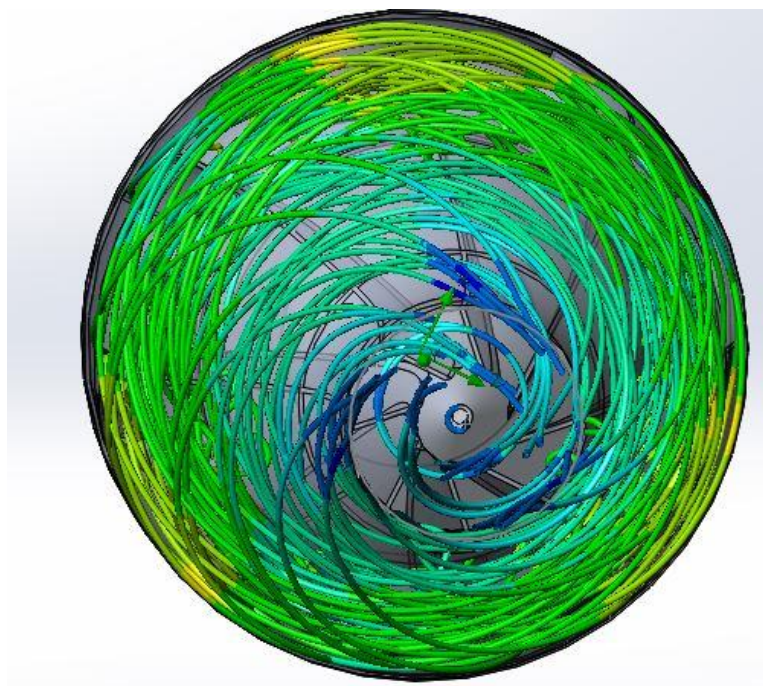


Рисунок 2.10 – Симуляция движения воздуха в канале вентилятора

На данных рисунках наглядно видно каким образом происходит закручивание потока. А также видны «зародыши» срыва потока, что приведет не только к падению давления воздуха до минимума, но и приведет к сильному «гулу» от вентилятора.

В выше приведенных моделях к спрямляющим лопаткам применен атрибут «невидимый», то есть они не являются препятствиями для потока любой среды.

Для того, чтобы избежать всех вышеперечисленных явлений и последствий, необходимо плавно направить поток по прямой. Для этого целесообразно использовать спрямляющие лопатки на выходной части воздуховода.

На рисунке 2.11 представлен электровентилятор с использованием спрямляющих лопаток.

Решение обеспечения спрямления воздушного потока в вентиляторе и моделирование результатов является сложной научно-технической задачей. На рисунке 2.11 представлено разработанное направляющее устройство.



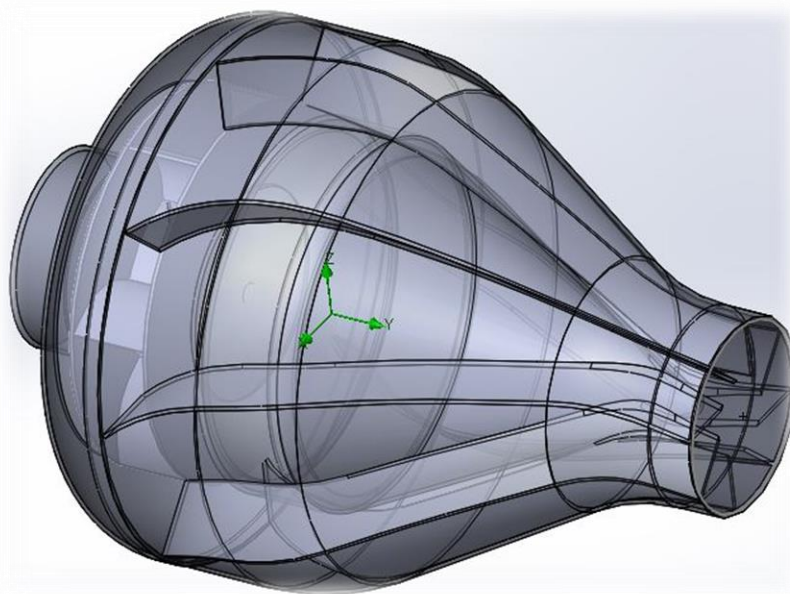


Рисунок 2.11 – Электровентильатор со спрямляющими лопатками

Форма данных лопаток обоснована направлением движения воздуха от крыльчатки и тем, что необходимо плавно направлять поток, для того чтобы избежать образования турбулентности, которая вызывает дополнительные вибрации и шумы.

Симуляция потока со спрямляющими лопатками представлена на рисунках 2.12, 2.13.

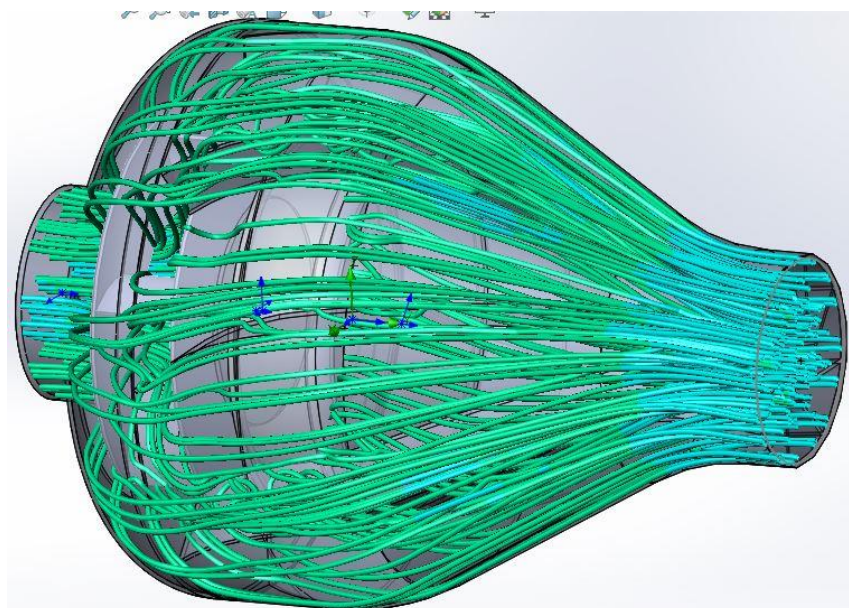


Рисунок 2.12 потока воздуха со спрямляющими лопатками



Рисунок 2.13 потока воздуха со спрямляющими лопатками

По рисункам выше можно заметить, что течение стало более ламинарным или по-другому «струйчатым».

Ламинарное течение — течение, при котором жидкость или газ перемещаются слоями без перемешивания и пульсаций.

Таким образом, можно сделать заключение, что спрямляющие лопатки помогли избежать сильного закручивания потоков воздуха.

### **3 Разработка электрической схемы счетчика времени наработки часов**

#### **3.1 Описание элементов схемы**

В настоящий момент в блоке электроventильатора АО «НПЦ «Полус» используется механический модуль счетчика времени наработки часов. Такой модуль требует довольно частогo технического обслуживания в связи с недолговечностью деталей, которые в основном состоят из пластика. Поэтому было принято решение заменить механический модуль на электронный, который практически не требует обслуживания, имеет большую долговечность, меньшие размеры и вес.

Для выбора электрорадиоизделий (ЭРИ) ставились следующие требования: отечественное производство всех ЭРИ, широкий диапазон рабочих температур, долговечность, помехозащищенность.

На чертеже ФЮРА.403445.001ЭЗ (приложение Г) представлена схема электрическая принципиальная счетчика времени, ФЮРА.403445.001ПЭ (приложение Б) перечень элементов схемы, ФЮРА.403445.001СП (приложение В) спецификация, ФЮРА.687258.001СБ (приложение Д) сборочный чертеж печатной платы, ФЮРА.403445.001СБ (приложение Е) сборочный чертеж счетчика времени.

Для реализации счетчика времени был выбран микроконтроллер 1986BE92У, это 32-разрядный микроконтроллер, который построен на базе ядра CortexM3 с максимальной тактовой частотой до 80 МГц, рабочая температура которого от минус 60 до 125 градусов Цельсия. Характеристики микроконтроллера представлены в таблице 3.1. Ближайшим зарубежным аналогом является STM32F103х.



Таблица 3.1 – Характеристики микроконтроллера 1986BE92У

Корпус	64 вывода
Ядро	ARM Cortex-M3
ПЗУ	128 Кбайт Flash
ОЗУ	32 Кбайт
Питание	2,2...3,6 В
Частота	80 МГц
USER IO	43
USB	Device и Host FS (до 12 Мбит/с) встроенный PHY
UART	2
CAN	2
SPI	2
I2C	1
2 x 12-разрядных АЦП	8 каналов
ЦАП 12 разрядов	1
Компаратор	2 входа
Внешняя шина	8 разрядов

В качестве индикатора был выбран матричный индикатор ИПВ72А1-4/5х7К (рисунок 3.1). Индикатор имеет четыре наборных поля, которые состоят из светодиодов с соотношением семь строк на пять столбцов. В данный индикатор встроены КМОП схемы управления, которые позволяют осуществлять последовательную запись декодированной информации для соответствующих столбцов индикатора и хранить ее в регистрах сдвига. Его зарубежным аналогом является HDSP2010.1

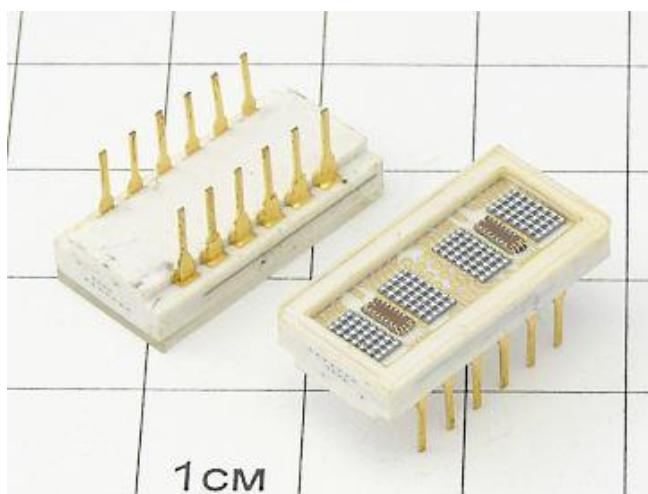


Рисунок 3.1 – Индикатор ИПВ72А1-4/5х7К

Его характеристики представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристики индикатора ИПВ72А1-4/5х7К

Рабочая температура	От минус 60 до плюс 85 градусов Цельсия
Наработка индикаторов	Не менее 35000 часов
Номинальное значение напряжения питания	5 В
Напряжение питания столбцов	3,0...4,0 В
Угол обзора на расстоянии 2,5 м	40 градусов

Данные индикаторы устанавливаются рядом стыковкой по горизонтали, при этом сохраняется шаг между знаками 5 мм.

Для управления индикатором используются р-канальные полевые транзисторы 2ПЕ116А9. Они имеют достаточно компактные габаритные размеры, а также имеется возможность управление логическим нулем с микроконтроллера. Рабочий диапазон температур от минус 60 до плюс 125 градусов Цельсия.

Для тактирования микроконтроллера используется генератор гк108-п-15гр-3-12м, диапазон частот которого составляет от 0,02 до 80 МГц, интервал рабочих температур от минус 60 до плюс 85 градусов Цельсия, форма сигнала – импульсная, прямоугольная, срок службы не менее 150000 часов.

Изначально на схему подается +9 В, но для работы некоторых элементов схемы необходимо 3.3 и 5 В. Для преобразования используются микросхемы 1158ЕН3.3ВТ и 1158ЕН5ВТ. Данные микросхемы представляют собой непрерывный линейный стабилизатор с фиксированным выходным напряжением.

### 3.2 Описание схемы

Для питания, управления, программирования (прошивки) схемы используют клеммы ХК1-ХК11. Клеммы ХК1 и ХК2 служат для подключения кнопки, ХК3 и ХК4 служат для управления микроконтроллером, то есть для введения МК в тот или иной режим (например подключение UART входов), ХК5 – ground, ХК6 и ХК7 входы UART, ХК8 и ХК9 для основного питания схемы, ХК10 и ХК11 служат дублирующими входами питания, которые используются для первичной отладки и программирования МК. Дублирование клемм питания

обусловлено обеспечением дополнительной надежности непрерывной работы платы, а именно, при неоднократном припаивании к клеммам невозможно добиться стопроцентной вероятности, что последний припой для окончательной сборки схемы будет припаян надежно. Поэтому ХК10 и ХК11 служат только для отладочных работ, в дальнейшем непосредственном применении платы они не используются.

Так как для определенных элементов схемы требуется различное напряжение питания (5 и 3.3 В), было решено применить микросхемы DA1 и DA2. Данные микросхемы являются непрерывными линейными стабилизаторами с фиксированным напряжением на выходе. Выходы с микросхем припаиваются ко второму и третьему слою платы.

Тактирование МК осуществляется с помощью генератора GN1.

Управление индикаторами осуществляется логическим нулем через полевые транзисторы.

На рисунках 3.2, 3.3 представлена 3D модель счетчика времени разработанная в САПР SolidWorks.

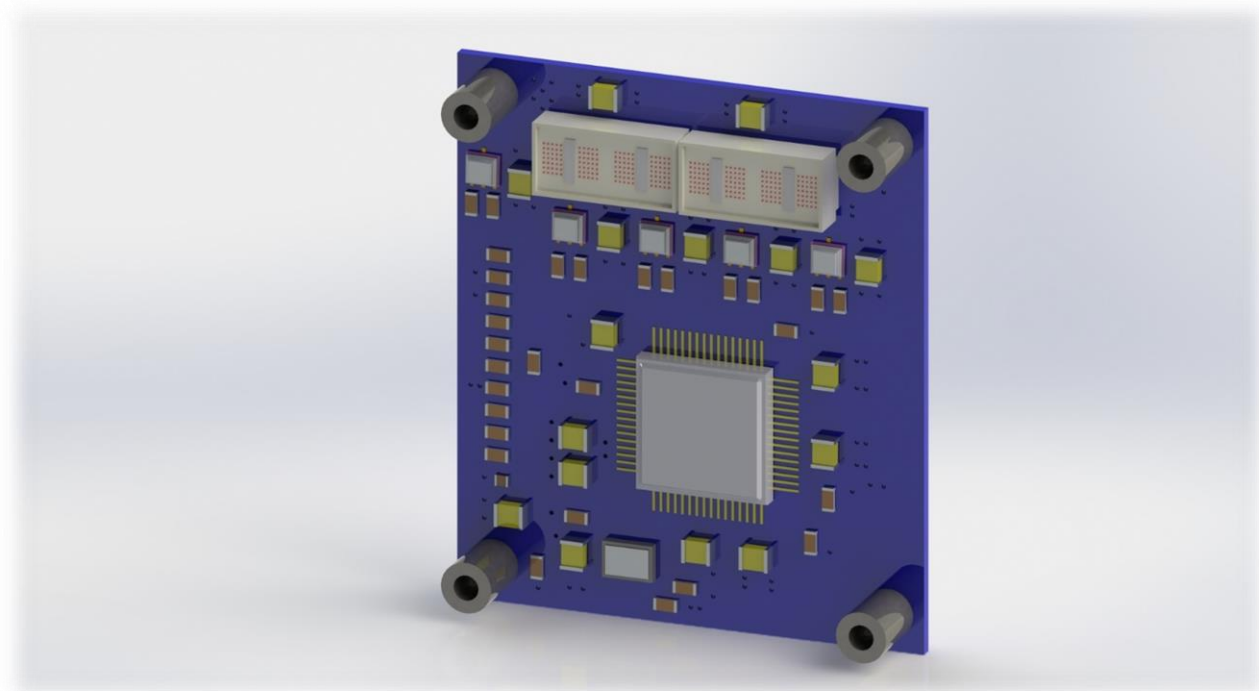


Рисунок 3.2 – Модель счетчика времени (вид сверху – Top)

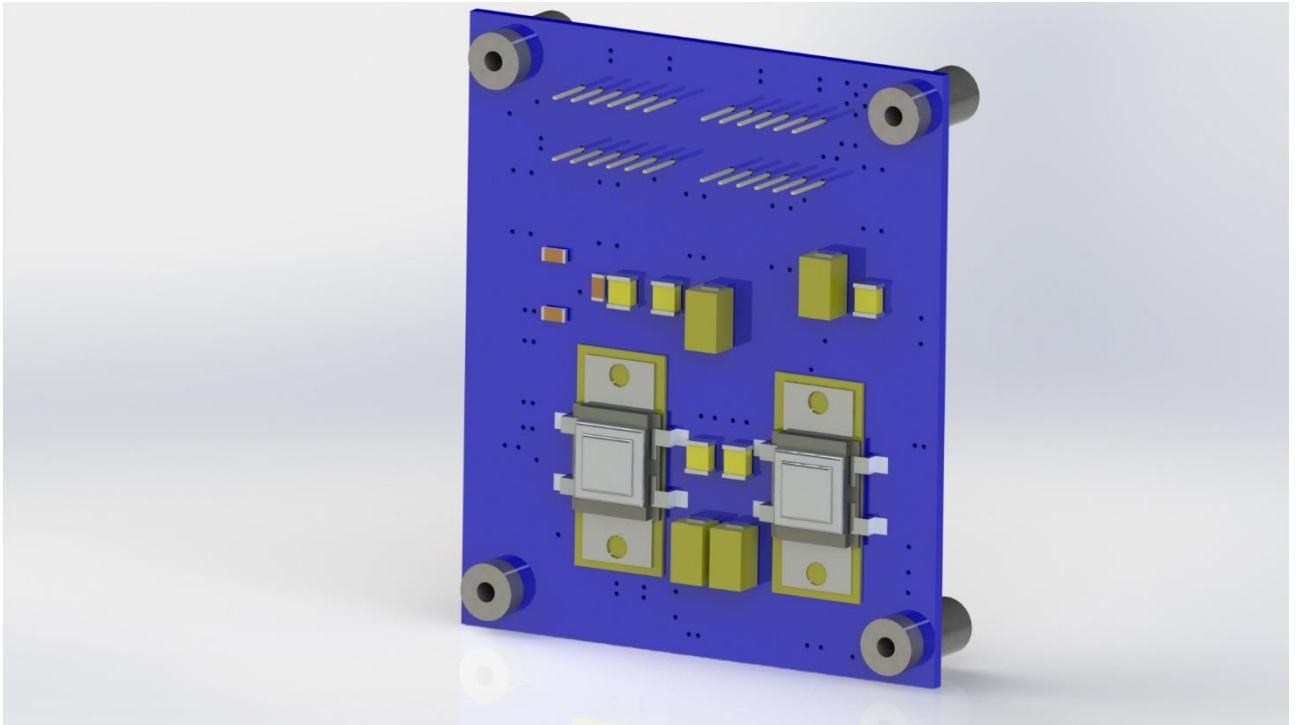


Рисунок 3.3 – Модель счетчика времени (вид снизу – Bottom)

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение

### 4.1 Предпроектный анализ

#### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода. В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др. Для физических лиц критериями сегментирования могут быть: возраст; пол; национальность; образование; уровень дохода; социальная принадлежность; профессия и др. Из выявленных критериев целесообразно выбрать два наиболее значимых для рынка. На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка

Форма выпуска систем управления Потребитель	Единичный выпуск	Партия
Мелкое предприятия		
Крупное предприятия		

Рисунок 1. Карта сегментирования рынка спроса на систему управления

■ - существует спрос; □ - спрос отсутствует.

Из карты сегментирования рынка видно, что при производстве единичного экземпляра разрабатываемого оборудования спрос может быть, как от мелких, так и крупных предприятия что увеличивает конкуренцию предприятий на получения продукта.

#### **4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Для того, чтобы наглядно оценить конкурентоспособность данной разработки, составлена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (таблица 4.2). В таблице приведены критерии оценки, вес критерия, который может принимать значения от 0 до 1, причем сумма всех весов критериев равна 1; баллы, которые проставляются в соответствии с техническими особенностями и характеристиками; конкурентоспособность, которая вычисляется по формуле 4.1.

$$K = \sum B_i V_i, \text{ где} \quad (4.1)$$

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя;  $V_i$  – вес  $i$ -го показателя;  $K$  – конкурентоспособность.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежность	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
2. Уровень шума	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
3. Уровень вибраций	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
4. Вес	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
5. Уровень автоматизации производства	0,10	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6. Соотношение габариты/мощность	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
7. Безопасность	0,10	3	4	4	0,3	0,4	0,4
8. Отсутствие потребности в регулярном ТО	0,10	4	3	4	0,4	0,3	0,4
9. Удобство в эксплуатации	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
10. Комплектация	0,05	3	4	5	0,15	0,2	0,25
Итого	1				4,15	3,6	4,05
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,50	4	4	4	2,0	2,0	2,0
2. Цена	0,20	4	4	4	1,0	1,0	1,0
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,30	5	4	4	1,5	1,2	1,2
Итого	1				4,5	4,2	4,2

Для оценочного сравнения разработки, рассмотренной в ВКР, взяты две фирмы, а именно: АО НПЦ «Полюс» (отечественный производитель) – к1; «BVN Ventilation system & electrical motors» (зарубежный производитель) – к2.

Исходя из данных таблицы 1 можно заметить, что данная разработка конкурентно способна по техническим и экономическим критериям как с отечественным производителем, так и с зарубежным, что немаловажно для сегодняшнего рынка. Конкурентоспособность по техническим критериям каждого составила 4,15, 3,6, 4,05 для разработки в ВКР, «Полюс» и «BVN Ventilation system & electrical motors» соответственно, по экономическим – 4,5, 4,2, 4,2 соответственно.

Основные преимущества разработки заключаются в сниженных показателях шума и вибрации, так как для этого внедрены специальные технологические конструкции. Так же высокая технологичность конструкции и комплектующих позволяет полностью автоматизировать процесс производства, чем не могут похвастаться конкуренты. Из-за отсутствия контактной группы, которая требует частый ремонт, срок бесперебойной эксплуатации выше, чем у конкурентов. Массив Halbach, который применен в разработке, позволил существенно сократить массогабаритные параметры двигателя, таким образом, можно производить двигатель с той же мощностью, но меньшим по размерам или с теми же размерами, но более мощный.

Уязвимость представленных конкурентов обусловлена рядом критериев, такими как: соотношение габариты/мощность, уровень автоматизации, уровень шума и вибраций, а так же автоматизация процесса производства.

#### **4.1.3. SWOT-анализ**

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Данный анализ проводится в несколько этапов.

В первом этапе опишем сильные и слабые стороны проекта, выявим возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться во внешней среде проекта. Дадим краткое определение каждого из вышеперечисленного понятия.

Сильные стороны – это характеристики или факторы решения, показанные в ВКР, которые дают преимущество перед конкурентами, а именно то, что привлекательно для потребителя.

Слабые стороны – это недостатки, недоработки и упущение в проекте, которое пагубно влияют на конкурентоспособность.



Возможности – это ситуации внешней среды, которые способствуют росту спроса на товар, изменение или предполагаемую потребность, и все это в свою очередь помогает проекту укрепить свою конкурентную позицию.

Угроза – любая нежелательная ситуация, которая может повлечь за собой снижение спроса на товар или вовсе отмену проекта.

В результате получили следующие данные:

Сильные стороны научно-исследовательского проекта:

- Отсутствие щеточно-коллекторного узла.
- Применение нового физического принципа, который позволил увеличить мощность и уменьшить габариты.
- Улучшенные виброшумовые характеристики.
- Использование более сильных магнитов, чем у конкурентов.
- Полная автоматизация всех процессов производства в отличие от старых типов двигателей.
- Квалифицированный персонал.
- Более низкий вес за счет отсутствия магнитопроводов.
- Унификация всех комплектующих.
- Наиболее эффективное охлаждение обмоток статора.

Слабые стороны научно-исследовательского проекта:

- Отсутствие опытного образца.
- Проектирование не завершено.
- Отсутствие оборудования для проведения тестовых испытаний.
- Стоимость неодимовых магнитов выше, чем ферритовых.
- Недостаток расчетной базы основных характеристик.

Угрозы:

- У1. Таможенные пошлины на зарубежные материалы и комплектующие.
- У2. Развитая конкуренция.
- У3. Несвоевременное финансирование исследования.

- У4. Повышение арендной стоимости помещений.
- У5. Увеличение стоимости труда квалифицированных специалистов.

Возможности:

- В1. Уменьшение себестоимости за счет оптовых закупок материалов и комплектующих.
- В2. Уменьшение стоимости производства неодимовых магнитов за счет совершенствования технологии.
- В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.
- В4. Появление дополнительного спроса на морально новую разработку.
- В5. Улучшение конструкции разработки за счет привлечение молодых специалистов с томских ВУЗов.
- В6. Сокращение стоимости доставок за счет сотрудничества с местными заводами и предприятиями.
- В7. Государственное финансирование новых разработок.

Вышеперечисленные особенности наглядно показывает возможности и риски проекта, а так же указывает на те элементы и параметры, которые требуют доработки.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает

слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица представлена в таблицах 4.3-4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта сильных сторон и возможностей

	Сильные стороны проекта									
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Возможности проекта	B1	-	-	-	-	-	-	-	+	-
	B2	-	0	-	-	-	+	-	-	-
	B3	-	-	-	-	+	+	-	+	-
	B4	-	+	+	+	-	0	-	-	0
	B5	-	-	-	-	-	+	-	0	-
	B6	-	-	-	-	0	-	-	+	-
	B7	-	+	-	-	-	-	+	-	+

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта сильных сторон и угроз

	Сильные стороны проекта									
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Угрозы проекта	Y1	-	-	-	+	-	-	-	0	-
	Y2	-	-	-	-	-	0	-	-	-
	Y3	-	-	-	+	-	+	-	-	-
	Y4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Y5	-	-	-	-	-	+	-	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта слабых сторон и возможностей

	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	B1	-	+	-	-	0
	B2	-	-	0	-	+
	B3	-	+	-	-	-
	B4	+	+	-	-	-
	B5	+	-	-	-	-
	B6	-	+	-	-	-
	B7	-	-	-	+	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта слабых сторон и угроз

	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	Y1	-	-	-	+	-
	Y2	+	-	-	-	+
	Y3	-	-	+	+	-
	Y4	-	+	-	-	-
	Y5	-	-	-	-	+

На третьем этапе составляется таблица SWOT анализа (таблица 4.7), состоящая из данных, которые были на первом и втором этапе.

Таблица 4.7 – SWOT анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p><b>С1.</b> Отсутствие щеточно-коллекторного узла;</p> <p><b>С2.</b> Применение нового физического принципа, который позволил увеличить мощность и уменьшить габариты;</p> <p><b>С3.</b> Улучшенные вибро-шумовые характеристики;</p> <p><b>С4.</b> Использование более сильных магнитов, чем у конкурентов;</p> <p><b>С5.</b> Полная автоматизация всех процессов производства в отличие от старых типов двигателей;</p> <p><b>С6.</b> Квалифицированный персонал;</p> <p><b>С7.</b> Более низкий вес за счет отсутствия магнитопроводов;</p> <p><b>С8.</b> Унификация всех комплектующих;</p> <p><b>С9.</b> Наиболее эффективное охлаждение обмоток статора.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p><b>Сл1.</b> Отсутствие опытного образца;</p> <p><b>Сл2.</b> Проектирование не завершено;</p> <p><b>Сл3.</b> Отсутствие оборудования для проведения тестовых испытаний;</p> <p><b>Сл4.</b> Стоимость неодимовых магнитов выше, чем ферритовых;</p> <p><b>Сл5.</b> Недостаток расчетной базы основных характеристик.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p><b>У1.</b> Таможенные пошлины на зарубежные материалы и комплектующие;</p> <p><b>У2.</b> Развитая конкуренция;</p> <p><b>У3.</b> Несвоевременное финансирование исследования;</p> <p><b>У4.</b> Повышение арендной стоимости помещений;</p> <p><b>У5.</b> Увеличение стоимости труда квалифицированных специалистов.</p>	<p><b>Результат анализа интерактивной матрицы (таблица4):</b></p> <p>(У1) Таможенные пошлины на зарубежные материалы и комплектующие – (С4)</p> <p>Использование более сильных магнитов, чем у конкурентов;</p> <p>(У3) Несвоевременное финансирование исследования – (С4)</p> <p>Использование более сильных магнитов, чем у конкурентов и (С6)</p> <p>Квалифицированный персонал;</p>	<p><b>Результат анализа интерактивной матрицы (таблица6):</b></p> <p>(У1) Таможенные пошлины на зарубежные материалы и комплектующие – (Сл4)</p> <p>Стоимость неодимовых магнитов выше, чем ферритовых;</p> <p>(У2) Развитая конкуренция – (Сл1)</p> <p>Отсутствие опытного образца и (Сл5)</p> <p>Недостаток расчетной базы основных характеристик;</p>

Продолжение таблицы 4.7

	(У5) Увеличение стоимости труда квалифицированных специалистов – (С6) Квалифицированный персонал.	(У3) Несвоевременное финансирование исследования – (Сл3) Отсутствие оборудования для проведения тестовых испытаний и (Сл4) Стоимость неодимовых магнитов выше, чем ферритовых; (У4) Повышение арендной стоимости помещений – (Сл2) Проектирование не завершено; (У5) Увеличение стоимости труда квалифицированных специалистов – (Сл5) Недостаток расчетной базы основных характеристик;
<p><b>Возможности:</b></p> <p><b>В1.</b> Уменьшение себестоимости за счет оптовых закупок материалов и комплектующих;</p> <p><b>В2.</b> Уменьшение стоимости производства неодимовых магнитов за счет совершенствования технологии;</p> <p><b>В3.</b> Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p><b>В4.</b> Появление дополнительного спроса на морально новую разработку;</p> <p><b>В5.</b> Улучшение конструкции разработки за счет привлечение молодых специалистов с томских ВУЗов;</p> <p><b>В6.</b> Сокращение стоимости доставок за счет сотрудничества с местными заводами и предприятиями;</p> <p><b>В7.</b> Государственное финансирование новых разработок.</p>	<p><b>Результат анализа интерактивной матрицы (таблица3):</b></p> <p>(В1) Уменьшение себестоимости за счет оптовых закупок материалов и комплектующих – (С8) Унификация всех комплектующих;</p> <p>(В2) Уменьшение стоимости производства неодимовых магнитов за счет совершенствования технологии – (С6) Квалифицированный персонал;</p> <p>(В3) Использование инновационной инфраструктуры ТПУ – (С5) Полная автоматизация всех процессов производства в отличии от старых типов двигателей и (С6) Квалифицированный персонал;</p>	<p><b>Результат анализа интерактивной матрицы (таблица5):</b></p> <p>(В1) Уменьшение себестоимости за счет оптовых закупок материалов и комплектующих, (В3) Использование инновационной инфраструктуры ТПУ, (В6) Сокращение стоимости доставок за счет сотрудничества с местными заводами и предприятиями – (Сл2) Проектирование не завершено;</p> <p>(В2) Уменьшение стоимости производства неодимовых магнитов за счет совершенствования технологии – (Сл5) Недостаток расчетной базы основных характеристик;</p>

Продолжение таблицы 4.7

	<p>(B4) Появление дополнительного спроса на морально новую разработку – (C2) Применение нового физического принципа, который позволил увеличить мощность и уменьшить габариты и (C3) Улучшенные вибро-шумовые характеристики, и (C4) Использование более сильных магнитов, чем у конкурентов;</p> <p>(B5) Улучшение конструкции разработки за счет привлечение молодых специалистов с томских ВУЗов – (C6) Квалифицированный персонал;</p> <p>(B6) Сокращение стоимости доставок за счет сотрудничества с местными заводами и предприятиями – (C8) Унификация всех комплектующих;</p> <p>(B7) Государственное финансирование новых разработок – (C7) Более низкий вес за счет отсутствия магнитопроводов и (C9) Наиболее эффективное охлаждение обмоток статора.</p>	<p>(B4) Появление дополнительного спроса на морально новую разработку – (Cл1) Отсутствие опытного образца и (Cл2) Проектирование не завершено;</p> <p>(B5) Улучшение конструкции разработки за счет привлечение молодых специалистов с томских ВУЗов – (Cл1) Отсутствие опытного образца;</p> <p>(B7) Государственное финансирование новых разработок – (Cл4) Стоимость неодимовых магнитов выше, чем ферритовых;</p>
--	--	---

Данный анализ позволяет выявить степень необходимости проведения стратегических изменений, а также эти результаты можно использовать при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

#### 4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени

проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	42	42

При проведении анализа по таблице 4.8, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (4.1)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Итого получилось суммарное количество баллов по каждому направлению: 42 балла - по степени проработанности научного проекта; 42 балла - по уровню, имеющихся знаний у разработчика. По результатам оценки делается вывод, что перспективность разработки научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика находятся на одном уровне и имеют среднюю перспективность.

Вывод: Необходимо проработать слабые стороны проекта и улучшить показатели выхода на мировой рынок. Для дальнейшего развития проекта и подготовки его к коммерциализации необходимо провести анализ рынка сбыта и разработать бизнес-план по продвижению продукта на рынок. В будущем также необходимо рассмотреть возможность международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок. Так как уровень компетенций разработчиков в



сфере коммерциализации не является достаточным, поэтому в дальнейшем потребуется привлечение дополнительных специалистов в команду проекта.

Необходимо также сосредоточить свое внимание на вопросах финансирования научной разработки при ее коммерциализации, рассмотреть возможности использования услуг инфраструктуры поддержки и получения льгот.

#### **4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Для данного проекта целесообразно выбрать торговлю патентными лицензиями, как метод коммерциализации. Так как данный метод позволит без потери права на «ноу-хау» получить дополнительные материальные средства для продолжения исследований, завершения и улучшения разработанного устройства. Кроме этого, данный метод позволит обрести «единомышленников» в виде владельцев лицензий, которые заинтересованы в улучшение устройства.

### **4.2 Инициация проекта**

#### **4.2.1 Цели и результаты проекта**

Информация о заинтересованных сторонах проекта, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты в результате завершения проекта представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
НИТПУ отделение ЭИ	Удовлетворение потребностей страны в высококвалифицированных специалистов
Разработчик проекта (магистрант)	Выполнение заказа АО «НПЦ «Полюс»
АО «НПЦ «Полюс»	Усовершенствование оборудования, поставляемого заказчику

Информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей представлена в таблице 4.10. Цели проекта включают цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 4.10 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Разработка нового оборудования для использования в системах жизнеобеспечения подвижных объектов
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Оборудование, имеющее повышенные виброшумовые, массогабаритные и мощностные характеристики
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Подтверждение испытаниями улучшенных качеств по сравнению с аналогами и используемым оборудованием на сегодняшний день
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Улучшенные виброшумовые, массогабаритные и мощностные характеристики, а так же повышенная долговечность

#### 4.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информацию представить в табличной форме (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Рабочая группа проекта

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО, основное место работы, должность</b>	<b>Роль в проекте</b>	<b>Функции</b>	<b>Трудозатраты, час.</b>
1	Дмитриев В.С., доктор технических наук, профессор ОЭИ, ТПУ	Руководитель	Координирует деятельность участников проекта	100
2	Шарпаев И.В. магистр	Исполнитель	Выполнение НИР	1000
<b>ИТОГО</b>				1100

#### 4.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Ограничения проекта

<b>- Фактор</b>	<b>- Ограничения/ допущения</b>
3.1. Бюджет проекта	1000000 рублей
3.1.1. Источник финансирования	НИТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.10.2018-31.05.2020
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	20.10.2018
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2020

#### **4.3 Планирование управления научно-техническим проектом**

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- Иерархическая структура работ проекта.
- План проекта.
- Бюджет научного исследования.

##### **4.3.1 Иерархическая структура проекта**

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 4.1 представлена иерархическая структура.

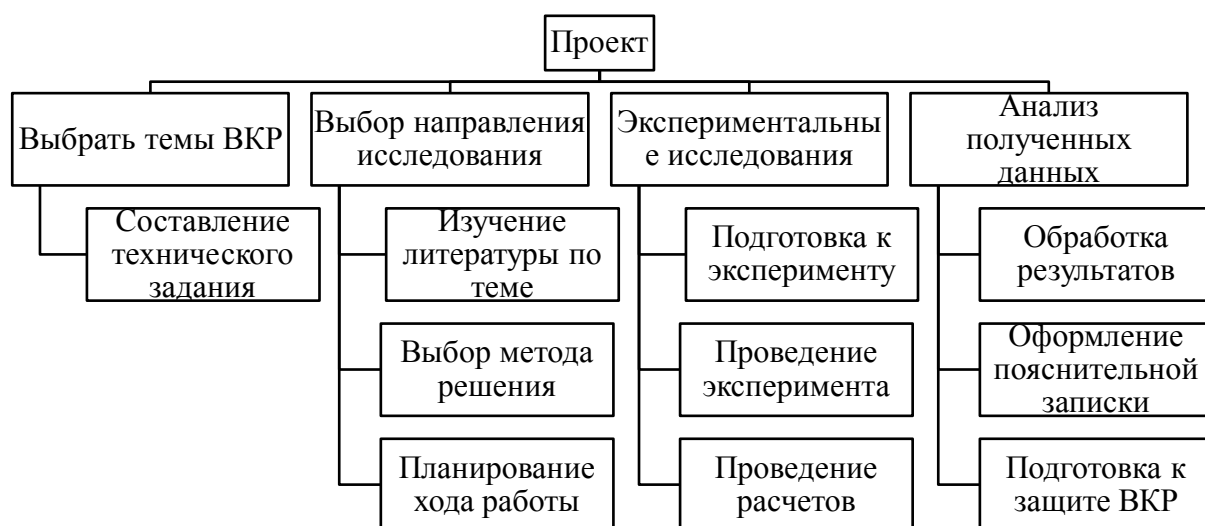


Рисунок 4.1 – Иерархическая структура по ВКР

### 4.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта построены календарный и сетевой графики проекта. Календарный план проекта представлен в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Код раб.	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окон-я работ	Состав участников (ФИО исполн.)
1	Формулировка и утверждение темы	14	01.10.2018	14.10.2018	Дмитриев В.С.
2	Анализ актуальности и новизны темы проекта	14	15.10.2018	29.10.2018	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.
3	Календарное планирование работ	2	30.10.2018	01.11.2018	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.
4	Поиск и изучение теоретического материала исследования	30	01.11.2019	30.11.2019	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.
5	Обзор научной литературы по теме	31	30.11.2019	30.12.2019	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.
6	Анализ используемых средств и методов для проектирования	14	09.01.2019	25.01.2019	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.
7	Выбор конструкторско-кинематической схемы	14	25.01.2019	09.02.2019	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.
8	Разработка сборочного чертежа	60	09.02.2019	09.04.2019	Шарпаев И.В.
























Продолжение таблицы 4.13

9	Разработка 3D модели	60	10.04.2019	10.06.2019	Шарпаев И.В.
10	Разработка электронного модуля	60	11.06.2019	12.08.2019	Шарпаев И.В.
11	Разработка модели электронного модуля	60	13.08.2019	14.10.2019	Шарпаев И.В.
12	Разработка компьютерного кода	60	15.10.2019	15.12.2019	Шарпаев И.В.
13	Написание дополнительных глав	60	10.01.2020	11.03.2020	Шарпаев И.В.
14	Заключение	15	12.03.2020	27.03.2020	Шарпаев И.В..
15	Корректировка работы	60	13.03.2020	14.05.2020	Шарпаев И.В.
12	Предзащита	1	15.05.2020	15.05.2020	Шарпаев И.В.
13	Корректировка ВКР по результатам обсуждения на предзащите	5	16.05.2020	21.05.2020	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.
<b>Итого:</b>		560	01.10.2018	21.05.2020	

Диаграмма Ганта - это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде табл. 4.14 с разбивкой по 2 месяца за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблице 4.14 – Календарный план-график

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ кал.дн.	Продолжительность выполнения работ											
				2018		2019						2020			
				10-11	12-01	02-03	04-05	06-07	08-09	10-11	12-01	02-03	04-05	06-07	
1	формулировка и утверждение темы	Дмитриев В.С.	14												
2	Анализ актуальности и новизны темы проекта	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.	14	 											
3	Календарное планирование работ	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.	2	 											
4	Поиск и изучение теоретического материала исследования	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.	30		 										
5	Обзор научной литературы по теме	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.	31			 									
6	Анализ используемых средств и методов для проектирования двигателей	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.	14			 									
7	Выбор конструкторско-кинематической схемы	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.	14			 									
8	Разработка сборочного чертежа	Шарпаев И.В.	60												
9	Разработка 3D модели	Шарпаев И.В.	60												
10	Разработка электронного модуля	Шарпаев И.В.	60												
11	Разработка модели электронного модуля	Шарпаев И.В.	60												
12	Разработка компьютерного кода	Шарпаев И.В.	60												
13	Написание дополнительных глав	Шарпаев И.В.	60												
14	Заключение	Шарпаев И.В.	15												
15	Корректировка работы	Шарпаев И.В.	60												
16	Предзащита	Шарпаев И.В.	1												
17	Корректировка ВКР по результатам обсуждения на предзащите	Шарпаев И.В. Дмитриев В.С.	5												



- Профессор - Руководитель.



Инженер - Дипломник

### 4.3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

#### 4.3.3.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты по данной статье заносятся в таблицу 4.15.

Таблица 4.15 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Бумага	лист	150	2	300
Интернет	мес.	18	200	3600
Ручка	шт.	2	50	100
Тетрадь	шт.	3	50	150
Конденсатор К10-17в	шт.	19	50	950
Конденсатор К53-68 "Е"	шт.	2	600	1200
Микросхема 1158ЕН3.3ВТ	шт.	1	900	900
Индикатор ИПВ72А1-4/5х7К	шт.	2	2000	4000
Микросхема 1986ВЕ92У	шт.	1	11000	11000
Генератор ГК108-П-15ГР-3-12М	шт.	1	6200	6200
Резистор Р1-12-0,25 1-кОм	шт.	24	20	480
Транзистор 2ПЕ116А9	шт.	5	100	500
Электроэнергия	кВт	2000	3,5	7000
Итого				36380

#### **4.3.3.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

Далее описаны все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме и занесены в таблицу 4.16.

Таблица 4.16 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	ПО SolidWorks	1	50000	50000
2	ПО P-CAD	1	20000	20000
3	Ноутбук Lenovo	1	30000	30000
<b>ИТОГО</b>				100000

#### **4.3.3.3. Расчет основной заработной платы**

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (4.2)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $З_{осн}$ ).



Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (4.3)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o} \quad (4.4)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года ( $M=10,4$  месяца, 6-дневная рабочая неделя, при отпуске в 48 раб.дня);

$F_o$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Лаборант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	99	99
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	218	218

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_p, \quad (4.5)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  - заработная плата по тарифной ставке, руб. ();

$k_{\text{пр}}$  - премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_d$  - коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от  $З_{тс}$  );

$k_p$  - районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) Оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад  $З_б$  определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) Иные выплаты; районный коэффициент.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_б$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$З_м$ , руб.	$З_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$З_{осн.}$ , руб.
Руководитель	20400	1	0,014	1,3	30232,8	1553,25	218	338608,5
Лаборант	4000	-	-	1,3	5200	267,16	218	58240,88

#### 4.3.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}$$

где  $З_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 4.19 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.19 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата, руб.	338608,5	58240,88
Дополнительная зарплата, руб.	33860,85	5824,1
Итого по статье С <sub>зп</sub> , руб.	436535	

#### 4.3.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб.}} = k_{\text{внеб.}} (З_{\text{осн.}} + З_{\text{доп.}}) = 0,302 \cdot (338608,5 + 33860,85) = 112485 \text{ руб.}$$

Где  $k_{\text{внеб.}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

#### 4.3.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где:  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,3 \cdot (338608,5 + 33860,85) = 111740 \text{ руб.}$$

#### 4.3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по варианту руководителя приведен в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Группировка затрат по статьям

Затраты по статьям						
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
29380	100000	396849	39685	111740	112485	790139

В результате было получено, что бюджет затрат НТИ составит 790139 руб.

#### 4.3.4 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная (таблице 4.21). Для научного проекта выбираем проектную организационную структуру.

Таблица 4.21 – Организационная структура проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

#### 4.3.5 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражающий требования к коммуникациям со стороны участников проекта представлен в таблице 4.22.

Таблица 4.22 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2	Информация о текущем состоянии научного проекта	Исполнитель проекта	Исполнителю проекта	Еженедельно (понедельник)
3	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану производства

#### 4.3.6 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 4.23.

Таблица 4.23 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска
1	Заболевание одного из сотрудников	Неблагоприятные условия на раб. месте	2	2	Низкий	Улучшение условий труда, организация удаленной работы
2	Отсутствие выдачи заработной платы сотрудникам	Остановка финансирования проекта	1	4	Средний	Несколько источников финансирования
3	Выход из строя компьютера	Механические, климатические воздействия	1	3	Средний	Ограждение техники от повреждающих факторов
4	Несоответствие данных испытаний и расчетов	Неточные полученные данные	2	4	Высокий	Повторные эксперименты и расчеты

#### **4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности**

##### **4.4.1. Оценка абсолютной эффективности исследования**

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cashflow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV).
- индекс доходности (PI).
- внутренняя ставка доходности (IRR).
- срок окупаемости (DPP).

##### **4.4.1.1 Чистая текущая стоимость (NPV)**

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1 + i)^t} - I_0$$

где ЧДП<sub>опt</sub> – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

$t$  – номер шага расчета ( $t = 0, 1, 2 \dots n$ )

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если  $NPV > 0$ , то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 4.24. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, амортизационное отчисления 10 %.

Таблица 4.24 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	948000	948000	948000	948000
2	Итого приток, руб.	0	948000	948000	948000	948000
3	Инвестиционные издержки, руб.	-790139	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб.	0	468900	468900	468900	468900
5	Налогооблагаемая прибыль	0	479100	479100	479100	479100
6	Налоги 20 %, руб.	0	95820	95820	95820	95820
7	Итого отток, руб.	-790139	564720	564720	564720	564720
8	Чистая прибыль, руб.	0	383280	383280	383280	383280
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.	-790139	462280	462280	462280	462280
10	Коэффициент дисконтирования (КД)	1	0,833333	0,694444	0,578704	0,482253
11	Чистый дисконтированный доход (ЧДД), руб.	-790139	385231	321027	267523	222935
12	$\sum \text{ЧДД}$	1196716				
12	Итого NPV, млн руб.	406716				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где  $i$  – ставка дисконтирования, 20 %;

$t$  – шаг расчета.

#### 4.4.1.2 Индекс доходности (PI)

**Индекс доходности (PI)** – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0$$

где ЧДД–Чистый дисконтированный денежный поток, руб.;

$I_0$  –разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году, руб.

$$PI=1196716/790000=1,51$$

Так как  $PI>1$ , то проект является эффективным.

#### 4.4.1.3 Внутренняя ставка доходности (IRR)

Значение ставки, при которой **NPV** обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или **IRR**. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или **NPV** =0. По разности между **IRR** и ставкой дисконтирования  $i$  можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе **IRR** к ставке дисконтирования  $i$ , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

$$\sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{отt}}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+IRR)^t}$$

Между чистой текущей стоимостью (**NPV**) и ставкой дисконтирования ( $i$ ) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 4.25 и на рисунке 4.2.



Таблица 4.25 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, млн. руб.
1	Чистые денежные потоки, млн. руб.	-790139	462280	462280	462280	462280	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный доход, млн. руб.						
	0,1	-790139	420212,5	381843,3	347172,3	315737,2	674965,3
	0,2	-790139	385079,2	320822,3	267197,8	222819	405918,4
	0,3	-790139	355493,3	273669,8	210337,4	161798	211298,5
	0,4	-790139	330067,9	235762,8	168269,9	120192,8	64293,44
	0,5	-790139	308340,8	205252,3	136372,6	91531,44	-48502,9
	0,6	-790139	288925	180289,2	112796,3	70728,84	-137261
	0,7	-790139	271820,6	154863,8	93842,84	51775,36	-217697
	0,8	-790139	257027,7	142844,5	79049,88	43916,6	-267161
	0,9	-790139	243159,3	128051,6	67492,88	35595,56	-315701
	1,0	-790139	231140	115570	57785	28661,36	-356844

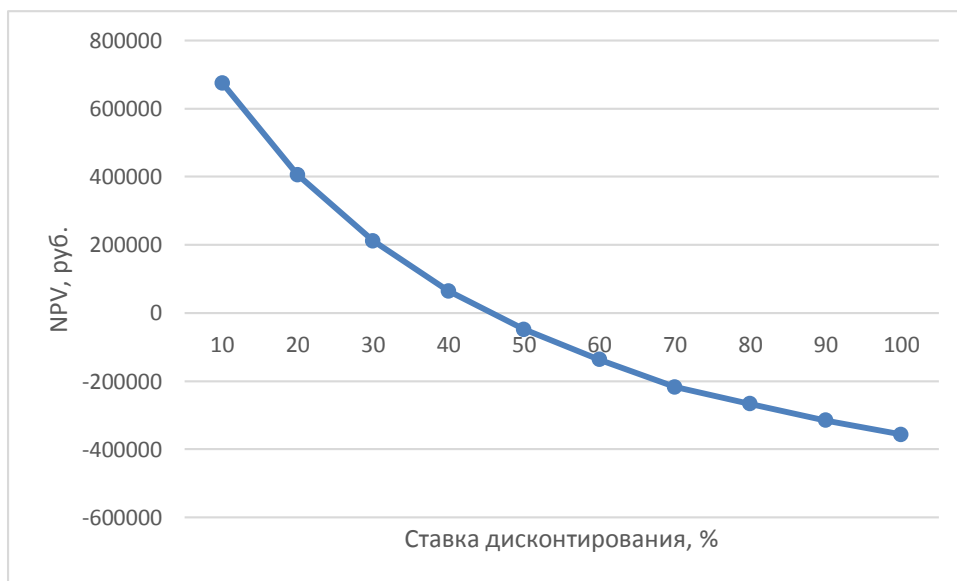


Рисунок 4.2 – Зависимость NPV и ставки дисконтирования

По мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 45 %.

Запас экономической прочности проекта:  $45\% - 20\% = 25\%$

#### 4.4.1.4 Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 4.26)

Таблица 4.26 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный денежный доход ( $i = 0,20$ ), млн. руб.	-790139	385231	321027	267523	222935
2	То же нарастающим итогом, млн. руб.	-790139	-404769	-83742	183781	406716
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{дск} = 1 + (404769/321027) = 1,26$ года				

Социальная эффективность научного проекта (таблица 4.27) учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населений или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Таблица 4.27 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Повышенный шум и вибрация от электровентиляторов	Улучшенные виброшумовые характеристики оборудования
Большие габаритные размеры при сравнительно малой мощности	Увеличенная мощность при тех же габаритах/уменьшенные размеры при той же мощности

#### 4.4.1.5 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\text{pi}}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\Phi}^{\text{P}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{790000}{900000} = 0,88$$

$$I_{\Phi}^{\text{a1}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{750000}{900000} = 0,83$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{900000}{900000} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (табл. 4.28).

Таблица 4.28 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Надежность	0,10	4	4	5
2. Уровень шума	0,15	4	3	4
3. Уровень вибраций	0,15	5	4	4
4. Вес	0,05	5	4	4
5. Уровень автоматизации производства	0,10	5	4	4
6. Соотношение габариты/мощность	0,15	4	3	3
7. Безопасность	0,10	3	4	4
8. Отсутствие потребности в регулярном ТО	0,10	4	3	4
9. Удобство в эксплуатации	0,05	4	4	5
10. Комплектация	0,05	3	4	5
Итого	1	41	37	42

$$I_m^p = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,10 + \\ + 4 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,05 = 4,15$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 \\ + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,05 = 3,60$$

$$I_2^A = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 \\ + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,05 = 4,05$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{\text{финр}}^p$ ) и аналога ( $I_{\text{финр}}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}; \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a}$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} = \frac{4,15}{0,88} = 4,72$$

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\phi}^a} = \frac{3,6}{0,83} = 4,34$$

$$I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\phi}^a} = \frac{4,05}{1} = 4,05$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$  – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 4.29.

Таблица 4.29 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка		Аналог 1		Аналог 2	
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,88		0,83		1,0	
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,15		3,60		4,05	
3	Интегральный показатель эффективности	4,72		4,34		4,05	
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Аналог 1	Аналог 2	Разраб.	Аналог 2	Разраб.	Аналог 1
		1,09	1,17	0,92	1,07	0,86	0,87

Сравнение значений интегральных показателей эффективности проводилось для каждого варианта в сравнении с двумя аналогами, а именно разработка сравнивалась с аналогом 1 и 2, аналог 1 сравнивался с разработкой и аналогом 2 и т.д. Данный показатель позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

## **Заключение**

В результате работы был разработан электроventильатор с улучшенными виброшумовыми характеристиками, его 3D модель (с. 34). Также произведен анализ потоков воздуха в канале электроventильатора, в результате которого было выявлено завихрение воздушных потоков, которое могло привести к увеличению шума и срыва потока, что негативно скажется на общей эффективности ventильатора. После проведения анализа, было предложено решение в виде спрямляющих лопаток. После проведения повторного анализа выявили, что завихрение отсутствует.

Разработан электронный модуль счетчика времени наработки часов, взамен механическому модулю. Такая замена позволит увеличить интервал технического обслуживания, ремонта и замены счетчика времени. Разработана соответствующая конструкторская документация: ФЮРА.403445.001ЭЗ (приложение Г) схема электрическая принципиальная счетчика времени, ФЮРА.403445.001ПЭ (приложение Б) перечень элементов схемы, ФЮРА.403445.001СП (приложение В) спецификация, ФЮРА.687258.001СБ (приложение Д) сборочный чертеж печатной платы, ФЮРА.403445.001СБ (приложение Е) сборочный чертеж счетчика времени.

Произведено экономическое исследование, в котором произведен анализ конкурентных технических решений, рассчитан бюджет научно-технического исследования, определена финансовая эффективность, одним из показателей которой является индекс доходности PI, который равен 1,51. При PI больше единицы, проект является эффективным.

Произведен анализ вредных и опасных факторов, анализ влияния разработанного объекта на окружающую среду и предложены необходимые меры при возникновении чрезвычайной ситуации.

### Список публикаций студента

1. Шарпаев И.В., Куприянова У.Е. Источники шума вентиляторов и методы борьбы с ними // Студенческий научный форум [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2017/2358/33821>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Куприянова У.Е., Шарпаев И.В. Малошумные двигатели для системы жизнеобеспечения подвижных объектов // Студенческий научный форум [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2018/3034/4730>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Шарпаев И.В. Электровентилятор системы жизнеобеспечения подвижных объектов. Источники шума вентиляторов и методы борьбы с ними // Студенческий научный форум [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018016290>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Шарпаев И.В. Электродвигатель для системы жизнеобеспечения подвижных объектов // Всероссийский конкурс научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВУЗов и научных академических институтов России по естественным, техническим и гуманитарным наукам "Шаг в науку". – 2019.



## Список использованных источников

1. Дмитриев В.С., Иванова В.С. Основы теории колебаний и моделирования колебательных систем в технике. Часть I. – Т: Изд-во «Томский политехнический университет», 2012. 215 с.
2. Электродвигатели [Электронный ресурс]: <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/motor/> (дата обращения 06.06.2020).
3. Электровентиляторы постоянного тока РСС1 на базе вентильных электродвигателей [Электронный ресурс]: <http://www.polus.tomsknet.ru/?id=222> (дата обращения 06.06.2020).
4. Завод Вентилятор [Электронный ресурс]: <https://ventilator.spb.ru/> (дата обращения 06.06.2020).
5. Trifase Delphi 160-355 [Электронный ресурс]: <https://www.motive.it/p-2-trifase-delphi-160-355.html> (дата обращения 06.06.2020).
6. Вентилятор канальный СК 315В [Электронный ресурс]: <http://ventmontazh.ru/magazin/product/404432403> (дата обращения 06.06.2020);
7. Солдатов А.И., Сорокин П.В., Солдатов А.А., Киселева Е.Ю. Исследование электронных индикаторов. Практикум. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 145 с.
8. Гормаков А.Н., Воронина Н.А. Конструирование и технология электронных устройств приборов. Печатные платы. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2006. – 151 с.
9. Шарпаев И. В. Электродвигатель для системы жизнеобеспечения подвижных объектов: бакалаврская работа / И. В. Шарпаев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности (ИШНКБ), Отделение электронной инженерии (ОЭИ); науч. рук. В. С. Дмитриев. — Томск, 2018.

10. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 16 с.
11. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.2.2-2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Минздрав России, 2003. – 56 с.
12. Свод правил: СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 68 с.
13. ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения токов. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.
14. Система нормативных документов в строительстве: СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – М.: Госстрой России 2004. – 59 с.
15. Бородин Ю.В., Василевский М.В., Дашковский А.Г., Назаренко О.Б., Свиридов Ю.В., Чулков Н.А., Федорчук Ю.М. Безопасность жизнедеятельности: практикум. – Томск: Изд-во Томского политического университета, 2009. – 101 с.
16. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 2001. – 20 с.
17. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2002. – 29 с.
18. ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007. – 7 с.
19. Правила устройства электроустановок. – М.: Министерство энергетики РФ, 2003. – 500 с.
20. ГОСТ 12.4.001-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – с.

21. Свод правил: СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 31 с.
22. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2006. – 68 с.
23. ГОСТ Р 54565-2011 Лом и отходы цветных металлов и сплавов. – М.: Стандартиформ, 2014. – 16 с.
24. ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2016. – 7 с.